

量子アニーリング的群知能による 線形加重和最適化に関する一考察

A study of linear weighted sum optimization based on
quantum-annealing-inspired swarm intelligence

産総研¹, ○吉澤 明男¹

AIST¹, ○Akio Yoshizawa¹

E-mail: yoshizawa-akio@aist.go.jp

組合せ最適化に関して我々は量子アニーリングの確率的手法である経路積分量子モンテカルロ法に内在する群知能性に注目する[1]。今回、多目的最適化の一種である線形加重和の基底状態探索に群知能性（本手法）を用いた。簡単のため二種類のイジングモデル（J1、J2）で $rJ1+(1-r)J2$ 、 $0 \leq r \leq 1$ を構成した。各モデルは結合率 50% のランダムネットワークで構成される最大カット問題（スピン 100 個）であり、単独時（ $r=0$ or 1 ）、両者とも比較的容易に基底に到達する。群れを構成するレプリカ数は 500、群知能性は隣接レプリカ間の相互作用で表現され、ループ繰り返しは 500 である。冷却は r -fractional update protocol ($r=0.2$) [2]で行う。基底に到達したレプリカ数の割合を正答率として各 r に対して 30 回の試行結果から平均値を得た（Table 1）。問題の難易度は r に強く依存する。例えば、 $r=1.0$ と 0.99 間でも正答率に大きな差が生じる。 $r=0.99$ のときにヒストグラムピーク位置が高エネルギー側にシフトしており局所解への捕獲が顕著になる（Fig. 1）。類似条件下での擬似アニーリング（Metropolis 法）[3]による正答率も Table 1 に示す。本手法と Metropolis 法で正答率を比べると本手法の優位性を認める。但し、優劣は問題に強く依存するため様々な問題に対して引き続き検討したい。参考文献:[1] 吉澤、第 80 回応用秋季予稿集, 21p-E207-1 (2019). [2] D. H. Ballard et al., TR 167, Comp. Sci. Dept., Univ. of Rochester (1986). [3] S. Kirkpatrick et al., Science 220, 671 (1983). 謝辞：本研究の一部は Q-LEAP（文部科学省）の成果である。

Table 1 Correct answer rate (%) calculated from 30 trials for each r .

r	Swarm	Metropolis
0	34.15	4.95
0.1	21.51	1.14
0.2	3.687	0.233
0.3	31.87	0.927
0.4	5.65	0.807
0.5	6.95	0.860
0.6	0.640	0.260
0.7	0.513	0.147
0.8	5.80	0.227
0.9	0.953	0.147
0.99	3.173	0.353
1.0	22.33	1.71

Swarm method

500 replicas, 500 repetitions for each trial
Temperature control is unnecessary.

Metropolis method

500 replicas, 10000 repetitions for each trial
Temperature reduction function: $T(n) = \gamma^n T_0$
with $T_0=10$ and $\gamma=0.9997$.

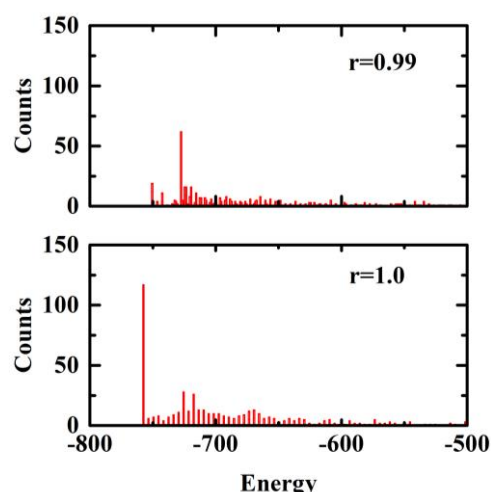


Fig. 1 Histograms of final state energies obtained at $r=0.99$ (upper) and $r=1.0$ (lower), respectively.